

Trabalho Acadêmico de Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ)
André Luiz Coutinho Merlo, Diego Brandão

Este relatório foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado em Ciências da Computação do CEFET-RJ, com o objetivo de explorar técnicas de análise de dados e modelagem computacional para fornecer recomendações agrícolas baseadas em dados históricos e climáticos. O trabalho visa contribuir para o avanço do conhecimento na área de ciência de dados aplicada à agricultura, utilizando métodos estatísticos, algoritmos de aprendizado de máquina e ferramentas de visualização de dados. As recomendações apresentadas neste relatório são geradas a partir de modelos computacionais e análises de dados, e não devem ser interpretadas como prescrições definitivas ou conselhos profissionais. Elas são propostas com base em dados disponíveis e técnicas computacionais, mas não consideram todos os fatores práticos, econômicos, ambientais ou logísticos que podem influenciar decisões agrícolas. Portanto, o autor e o CEFET-RJ não se responsabilizam por quaisquer consequências decorrentes da aplicação direta ou indireta das informações e recomendações contidas neste documento. Este trabalho é de natureza acadêmica e tem como principal objetivo explorar o potencial da ciência de dados e da computação para apoiar a tomada de decisões no setor agrícola. Agradecemos a todos os envolvidos pelo apoio e colaboração durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Relatório de Recomendações Agrícolas Gerais para a Cidade de Nova Friburgo

Este relatório apresenta recomendações agrícolas estratégicas para o município de Nova Friburgo, com base em análises de produtividade e condições climáticas regionais. Os dados de produtividade por cultura foram obtidos do projeto Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola (ASPA), desenvolvido pela EMATER-Rio, abrangendo os anos de 2021 a 2023, e fornecem insights valiosos sobre o desempenho das principais culturas na região. Complementando essas informações, os dados climáticos históricos, coletados pelas estações de medição do INMET no estado do Rio de Janeiro, permitiram uma avaliação detalhada das condições de temperatura, precipitação, umidade e pressão atmosférica. A combinação dessas fontes possibilita recomendações personalizadas, visando maximizar a produtividade, reduzir riscos climáticos e otimizar o uso dos recursos agrícolas em Nova Friburgo.

A recomendação deste relatório está baseada nos dados agrícolas da região **SERRANA**, que inclui as seguintes cidades: Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, Sapucaia, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Teresópolis, Trajano de Morais

1. Recomendação por Produtividade

A recomendação baseada em produtividade destaca as culturas agrícolas mais eficientes em relação ao rendimento por área plantada. Esse indicador mede a quantidade média produzida em toneladas por hectare, permitindo identificar quais culturas apresentam maior retorno produtivo por unidade de terra utilizada, o que é essencial para otimizar o uso dos recursos agrícolas e aumentar a eficiência produtiva.

CULTURAS	PRODUTIVIDADE
TOMATE CEREJA	85.11
CANA FORRAGEIRA	69.96

CULTURAS	PRODUTIVIDADE
CHUCHU	61.33
TOMATE	59.02
ALFACE - CULT. PROTG	56.36
COUVE	53.32
PEPINO	47.83
REPOLHO	46.45
RÚCULA - CULT. PROTG	39.71
MILHO FORRAGEIRO	38.94
ESPINAFRE	34.83
SALSA	33.27
VAGEM FRANCESA	32.80
MORANGO	32.57
CHICÓRIA	29.66
COUVE FLOR	27.99
BERINJELA	27.27
GOIABA	26.24
ALHO PORRÓ	25.95
PIMENTÃO	25.49
MANDIOCA	25.00
CENOURA	24.27
ALFACE	22.72
JILÓ	22.48
CAQUI	22.47
AGRIÃO	22.22
BETERRABA	22.18
TANGERINA PONCÃ	21.85
NABO	20.85
BROCOLOS	20.40
BERTALHA	19.65
INHAME	17.74
VAGEM	17.22
LIMÃO	17.01
ABOBRINHA	16.79
AIPIM	16.17
ABACATE	16.16
QUIABO	16.00
MANGA	15.33
MARACUJÁ	15.10

CULTURAS	PRODUTIVIDADE
COENTRO	14.54
BATATA	14.43
CEBOLINHA	14.37
ABOBORA	14.34
LARANJA	14.21
BATATA DOCE	13.77
BANANA NANICA	12.54
FIGO	12.06
PITAIA	12.00
RÚCULA	11.90
BANANA PRATA	11.31
MAXIXE	8.83
ERVILHA	8.42
PESSEGO	8.18
MILHO VERDE	7.99
UVA	5.97
LIXIA	4.10
ARROZ	3.48
MILHO	2.85
CAFÉ	1.69
CAFÉ CONILON	1.15
FEIJÃO	1.10

2. Recomendação por Faturamento Bruto

Para otimizar a rentabilidade agrícola em cada região, é essencial priorizar culturas com maior faturamento bruto médio, considerando fatores como clima, solo e demanda de mercado. Essa abordagem permite identificar as atividades mais lucrativas por área, direcionando investimentos para opções que ofereçam melhor retorno financeiro. Por exemplo, em regiões com alta produtividade e logística eficiente, culturas como soja, milho ou café podem ser recomendadas devido ao seu alto valor de mercado, enquanto em áreas com condições específicas, fruticultura ou horticultura de alto valor agregado podem ser mais vantajosas. Ao alinhar a escolha das culturas ao potencial econômico regional, os produtores podem maximizar seus ganhos e reduzir riscos, garantindo uma agricultura mais sustentável e competitiva.

CULTURAS	FATURAMENTOBRUTO
ALFACE	197.974.260,67
TOMATE	180.583.538,33
COUVE	94.095.613,33
CHUCHU	54.516.116,67
COUVE FLOR	41.974.502,43

CULTURAS	FATURAMENTOBRUTO
BROCOLOS	40.718.382,83
REPOLHO	39.217.160,27
BANANA NANICA	37.551.714,03
TANGERINA PONCÃ	37.220.484,50
CAFÉ	37.102.699,33
PIMENTÃO	33.449.481,00
MORANGO	29.728.583,33
JILÓ	27.517.350,40
VAGEM	25.884.640,00
BANANA PRATA	24.277.535,33
CAQUI	24.251.655,00
PEPINO	22.855.072,00
BERINJELA	22.735.779,00
CEBOLINHA	21.752.496,00
COENTRO	19.847.394,00
ABOBRINHA	17.478.028,87
INHAME	17.230.221,67
AIPIM	16.422.493,90
ERVILHA	13.502.244,13
SALSA	13.287.256,67
ALFACE - CULT. PROTG	9.453.641,20
AGRIÃO	9.111.963,00
ESPINAFRE	8.132.805,00
QUIABO	7.421.333,17
MILHO FORRAGEIRO	7.026.255,33
RÚCULA - CULT. PROTG	6.131.456,67
BATATA DOCE	5.654.906,33
GOIABA	5.187.420,00
CHICÓRIA	4.560.665,70
MARACUJÁ	4.462.331,00
TOMATE CEREJA	3.659.221,33
BETERRABA	3.134.426,30
CENOURA	2.692.534,33
ABOBORA	2.245.867,33
ALHO PORRÓ	1.810.066,67
LIMÃO	1.799.457,67
RÚCULA	1.504.595,00
VAGEM FRANCESA	1.466.375,67

CULTURAS	FATURAMENTOBRUTO
FEIJÃO	962.403,50
MILHO VERDE	847.358,50
MAXIXE	823.076,67
LARANJA	594.405,00
BATATA	569.933,33
CANA FORRAGEIRA	539.232,17
MILHO	499.066,07
BERTALHA	486.500,00
ARROZ	312.283,33
LIXIA	234.083,33
NABO	189.150,00
UVA	176.333,33
ABACATE	118.700,00
CAFÉ CONILON	60.585,00
PITAIA	57.000,00
FIGO	45.330,00
MANDIOCA	34.375,00
MANGA	17.000,00
PESSEGO	16.081,67

3. Recomendação por Produção Colhida

A seleção de culturas com maior volume médio colhido por região é fundamental para atender demandas de abastecimento interno, exportação ou agroindústria, priorizando eficiência produtiva e escala. Essa análise identifica as culturas mais adaptadas às condições edafoclimáticas de cada local, garantindo altas produtividades e menor risco de perdas. Por exemplo, em regiões com alta fertilidade e disponibilidade hídrica, culturas como cana-de-açúcar, milho ou mandioca podem ser recomendadas devido ao seu elevado rendimento por hectare, enquanto em áreas com restrições específicas, opções como feijão ou sorgo podem oferecer melhor desempenho. Ao focar no potencial produtivo, os agricultores podem otimizar o uso da terra, reduzir custos e fortalecer a segurança alimentar, alinhando produção às necessidades do mercado.

CULTURAS	PRODUCAOCOLHIDA
ALFACE	110211.45
CHUCHU	85777.78
TOMATE	60356.25
REPOLHO	37998.95
COUVE	30536.00
TANGERINA PONCÃ	28377.97
COUVE FLOR	24697.36
PEPINO	19857.63

CULTURAS	PRODUCAOCOLHIDA
BANANA NANICA	18190.07
BROCOLOS	16704.37
MILHO FORRAGEIRO	15891.97
BERINJELA	14702.22
ABOBRINHA	14505.04
PIMENTÃO	14279.34
JILÓ	13107.69
CAQUI	12006.50
VAGEM	10326.40
BANANA PRATA	10162.00
AIPIM	9267.12
INHAME	8133.43
ESPINAFRE	6482.36
CEBOLINHA	5882.38
SALSA	4832.05
ALFACE - CULT. PROTG	4365.12
COENTRO	4140.57
AGRIÃO	3981.66
BATATA DOCE	3835.12
CANA FORRAGEIRA	3044.49
QUIABO	2951.14
CAFÉ	2708.52
CHICÓRIA	2627.97
MORANGO	1964.70
GOIABA	1866.53
RÚCULA - CULT. PROTG	1767.62
ERVILHA	1718.37
CENOURA	1625.37
BETERRABA	1624.27
ABOBORA	1527.80
MARACUJÁ	1377.57
MILHO VERDE	788.33
LIMÃO	720.95
TOMATE CEREJA	625.39
ALHO PORRÓ	620.00
MAXIXE	551.33
RÚCULA	534.24
LARANJA	374.27

CULTURAS	PRODUCAOCOLHIDA
MILHO	369.69
BERTALHA	304.50
VAGEM FRANCESA	261.37
BATATA	255.17
FEIJÃO	201.42
NABO	85.70
ABACATE	56.03
ARROZ	48.28
UVA	32.17
LIXIA	28.13
MANDIOCA	25.00
MANGA	18.67
PITAIA	6.00
CAFÉ CONILON	5.77
FIGO	2.92
PESSEGO	2.48

4. Visão geral do Clima

Visão das médias de temperatura, umidade e pressão. Assim como o somatório do volume de chuvas. A região SERRANA apresenta um clima com médias anuais de temperatura em torno de 16.62°C, umidade relativa do ar de 80.95% e pressão atmosférica média de 879.47 hPa. O regime de chuvas com um volume pluviométrico total anual de aproximadamente 2444.6 mm. Essas condições climáticas influenciam diretamente a escolha das culturas e as práticas agrícolas, sendo favoráveis para [exemplos de culturas ou atividades adaptadas]. Compreender esses padrões é essencial para o planejamento agrícola, minimizando riscos e maximizando a produtividade de acordo com as particularidades da região.

Dados mensais

Período	Precipitação Total (mm)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa (%)
2019-01	400.6	19.52	29.6	12.7	864.48	84.46
2019-02	511.0	18.76	30.9	10.0	863.44	88.20
2019-03	539.8	17.76	28.8	8.4	863.44	88.97
2019-04	176.6	17.10	28.3	9.0	862.89	88.75
2019-05	139.6	15.63	26.1	7.9	863.57	88.14
2019-06	82.4	13.68	25.8	5.4	866.78	87.06

Período	Precipitação Total (mm)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa (%)
2019-07	63.0	11.78	24.2	1.1	865.97	79.96
2019-08	186.4	12.64	26.7	3.8	867.55	79.63
2019-09	261.4	15.94	30.7	6.7	864.91	77.07
2019-10	231.8	16.65	28.3	6.3	863.04	80.61
2019-11	422.0	16.66	31.2	7.3	861.51	87.22
2019-12	458.8	17.31	27.6	5.8	861.74	85.90
2020-01	414.6	18.89	29.2	10.8	865.44	86.47
2020-02	705.2	18.16	29.0	11.4	863.60	88.67
2020-03	349.8	18.15	26.6	9.6	898.57	82.07
2020-04	49.0	16.49	27.2	7.3	899.76	81.46
2020-05	95.4	14.50	23.6	3.8	900.38	78.91
2020-06	13.6	14.91	25.9	2.9	901.82	78.67
2020-07	9.4	14.56	24.6	5.6	901.67	79.15
2020-08	72.6	13.92	26.1	2.6	902.34	78.05
2020-09	43.4	17.64	30.7	5.9	900.61	72.77
2020-10	164.2	18.10	32.4	9.0	897.87	78.55
2020-11	207.6	17.75	27.8	9.8	897.63	81.26
2020-12	337.2	19.99	30.0	13.6	896.80	80.78
2021-01	178.0	18.82	28.6	12.0	863.81	82.02
2021-02	524.8	17.80	28.7	10.0	863.90	85.40
2021-03	221.8	18.19	28.1	11.1	864.87	83.52
2021-04	136.4	15.21	25.2	5.6	872.87	83.37
2021-05	54.2	14.56	25.7	4.8	870.27	82.45
2021-06	48.8	13.20	23.4	3.8	873.06	83.67

Período	Precipitação Total (mm)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa (%)
2021-07	12.8	11.06	24.4	0.0	870.60	77.85
2021-08	51.4	13.56	25.8	2.4	873.33	77.91
2021-09	61.0	17.47	30.2	9.2	899.83	76.87
2021-10	242.4	17.11	28.0	10.7	895.61	82.65
2021-11	205.8	16.53	27.8	7.9	872.37	80.50
2021-12	345.2	17.78	27.5	8.2	878.54	83.42
2022-01	288.2	19.68	28.4	13.8	875.97	82.57
2022-02	412.0	18.91	28.0	12.8	877.46	85.23
2022-03	270.2	18.66	28.2	11.5	868.81	81.95
2022-04	255.4	16.77	27.3	6.5	873.96	83.97
2022-05	62.2	13.52	24.9	1.6	870.63	82.57
2022-06	41.8	13.40	24.8	2.8	872.38	76.69
2022-07	23.0	13.31	26.1	2.6	868.66	78.47
2022-08	227.8	13.05	26.1	1.0	872.34	79.03
2022-09	240.4	13.77	29.5	3.9	871.29	79.17
2022-10	86.8	18.05	28.7	8.5	888.75	79.05
2022-11	258.2	16.54	26.0	7.4	886.15	81.75
2022-12	800.4	16.61	28.8	7.7	861.01	81.30
2023-01	650.4	18.12	28.2	9.1	873.20	82.02
2023-02	246.8	20.65	29.2	14.1	896.47	78.93
2023-03	116.2	19.56	27.9	10.3	899.01	80.72
2023-04	240.4	17.58	26.4	6.4	898.19	82.64
2023-05	78.8	14.67	24.2	4.5	900.69	82.73
2023-06	32.4	13.28	23.6	2.5	902.25	81.30

Período	Precipitação Total (mm)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa (%)
2023-07	60.8	14.00	25.9	1.8	902.40	80.31
2023-08	94.6	15.37	29.9	2.6	900.40	79.59
2023-09	45.4	17.67	30.9	6.8	899.85	76.83
2023-10	342.4	19.29	29.5	13.0	892.14	83.42
2023-11	206.8	19.01	33.3	7.9	876.32	79.74
2023-12	92.6	19.64	29.0	11.3	873.65	85.14
2024-01	19.4	20.11	29.6	13.0	886.13	85.52
2024-02	190.0	18.97	27.8	10.9	865.80	86.89
2024-03	213.0	19.91	30.0	10.3	884.45	84.38
2024-04	40.2	18.24	27.4	9.4	893.21	81.33
2024-05	73.4	16.44	27.9	5.7	864.66	78.89
2024-06	9.0	14.30	24.0	4.1	865.98	71.18
2024-07	59.6	13.49	25.8	0.4	867.24	69.15
2024-08	146.8	13.69	28.1	1.3	866.35	62.00
2024-09	81.0	17.00	29.6	7.5	864.80	62.94
2024-10	126.4	16.94	29.9	8.5	874.38	78.42
2024-11	263.8	18.56	29.0	11.3	897.22	79.75
2024-12	253.0	19.99	30.0	12.3	894.46	80.76

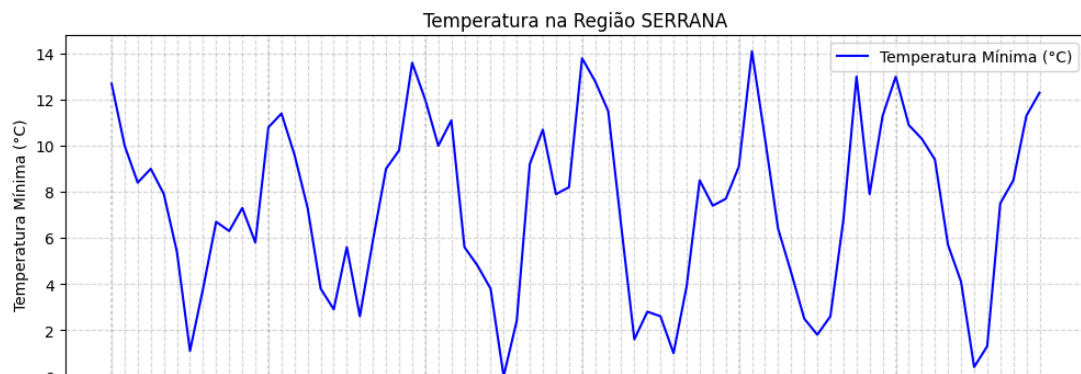
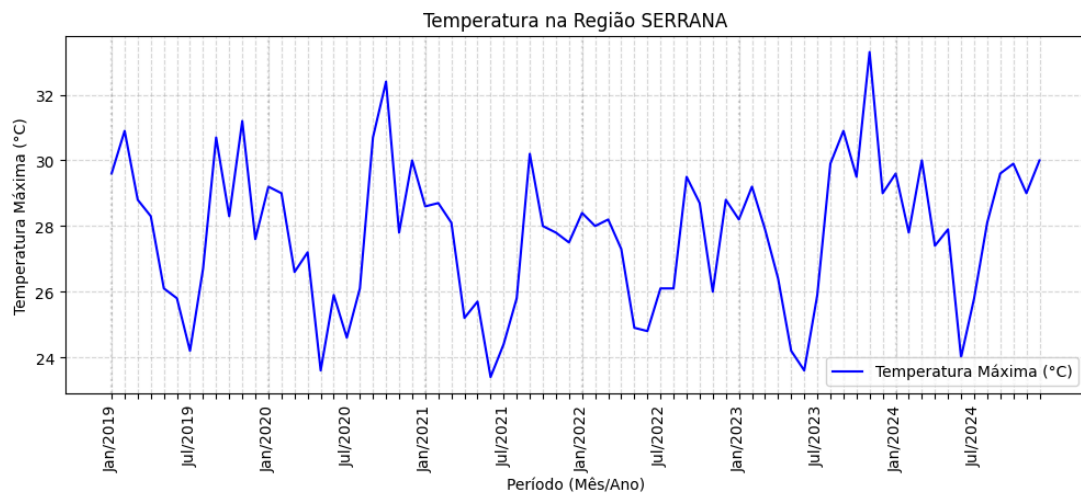
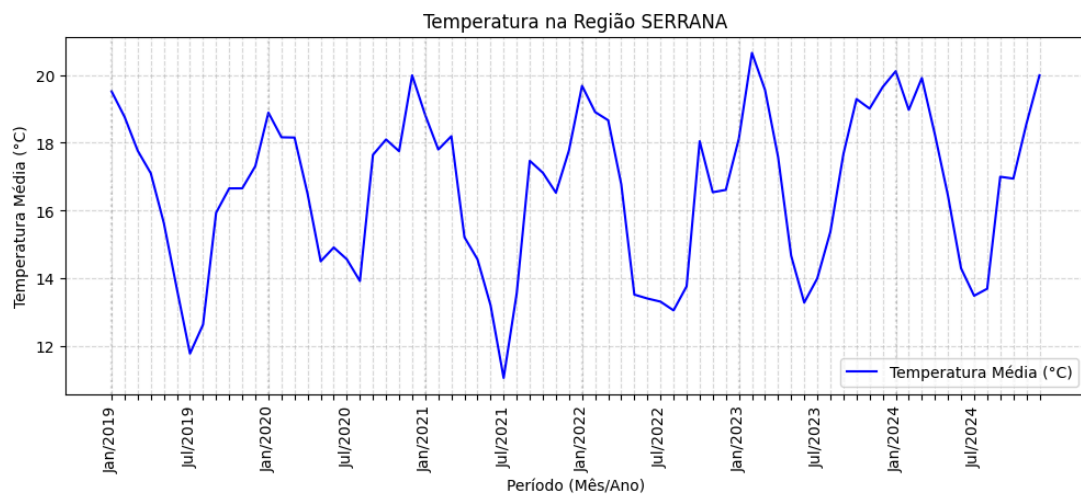
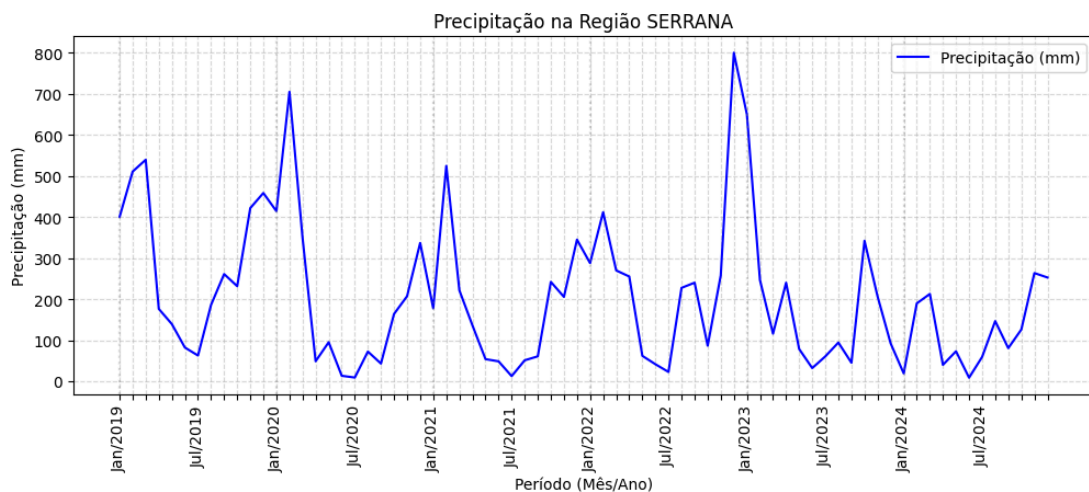
Dados Anuais

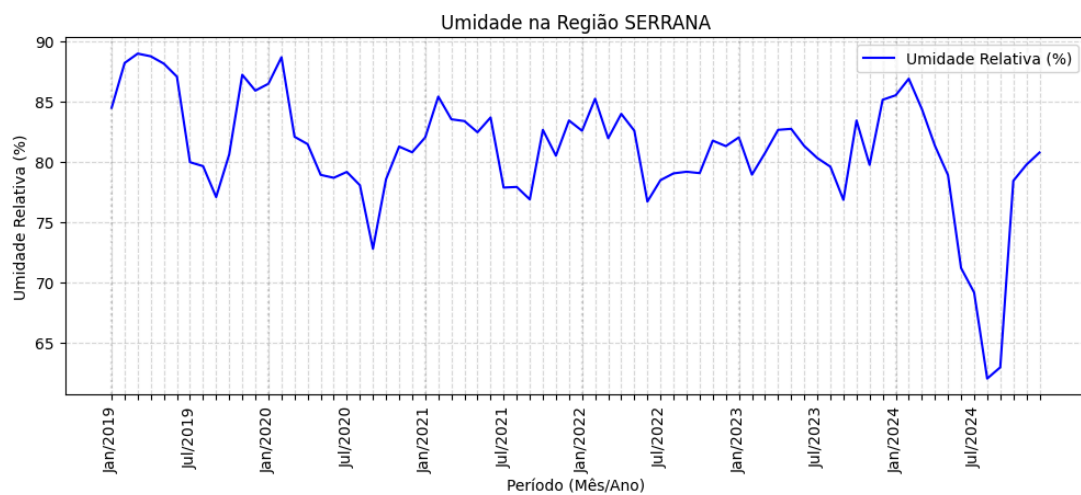
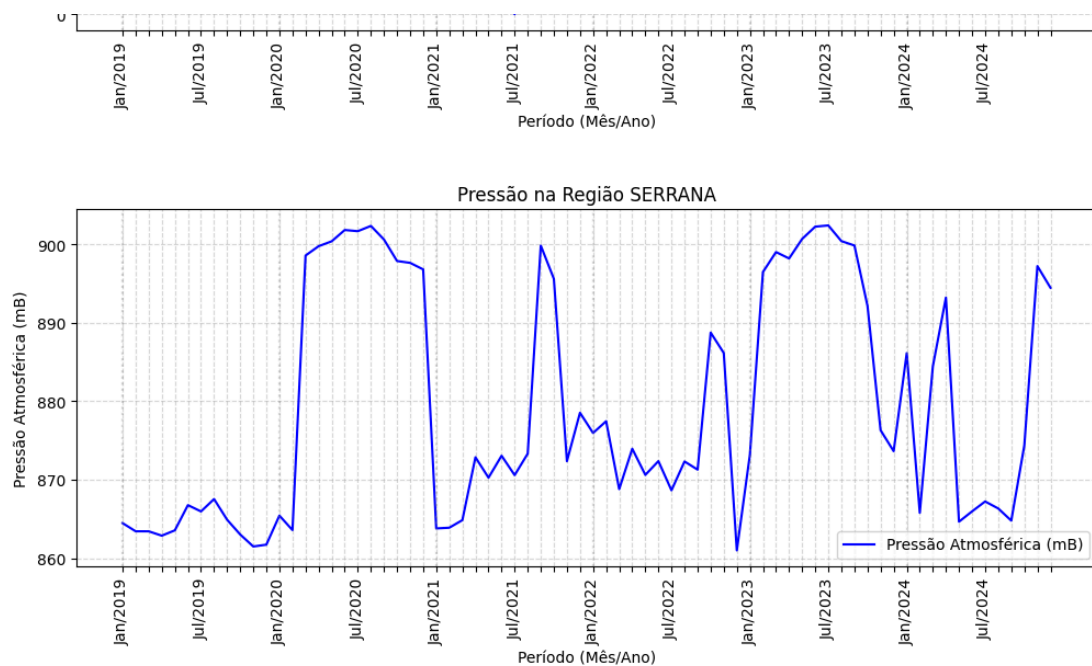
Ano	Precipitação Anual Total (mm)	Máxima Mensal de Chuva (mm)	Mínima Mensal de Chuva (mm)	Temperatura Média Anual (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa Média (%)
2019	3473.4	539.8	63.0	16.12	31.2	1.1	864.11	84.66
2020	2462.0	705.2	9.4	16.92	32.4	2.6	893.87	80.57
2021	2082.6	524.8	12.8	15.94	30.2	0.0	874.92	81.64

Ano	Precipitação Anual Total (mm)	Máxima Mensal de Chuva (mm)	Mínima Mensal de Chuva (mm)	Temperatura Média Anual (°C)	Temperatura Máxima Absoluta (°C)	Temperatura Mínima Absoluta (°C)	Pressão Atmosférica (mB)	Umidade Relativa Média (%)
2022	2966.4	800.4	23.0	16.02	29.5	1.0	873.95	80.98
2023	2207.6	650.4	32.4	17.40	33.3	1.8	892.88	81.11
2024	1475.6	263.8	9.0	17.30	30.0	0.4	877.06	76.77

5. Gráfico de Análise Climática

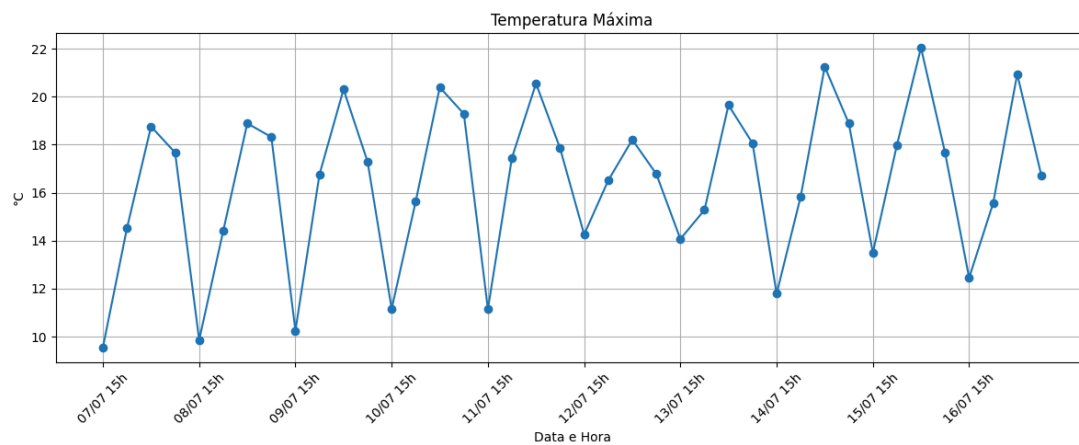
Gráficos com as tendências climáticas da região SERRANA.



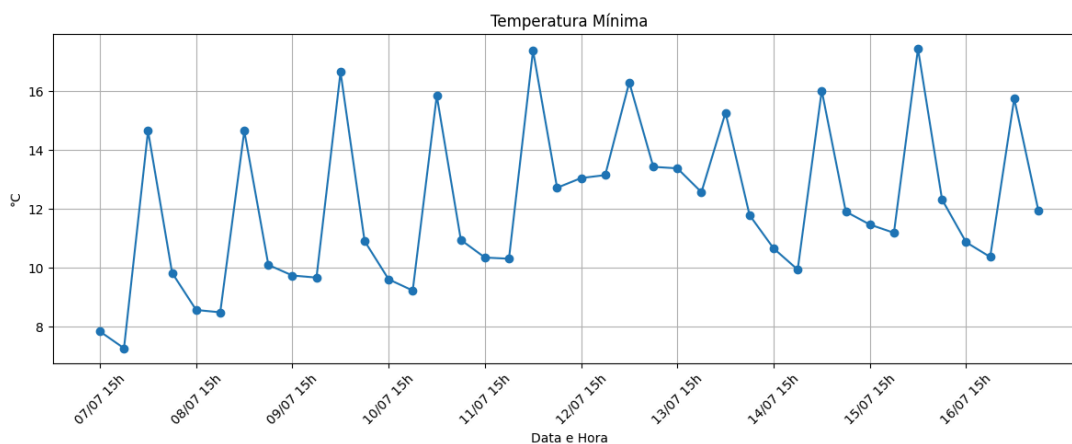


6. Previsão dos próximos 10 dias de Clima

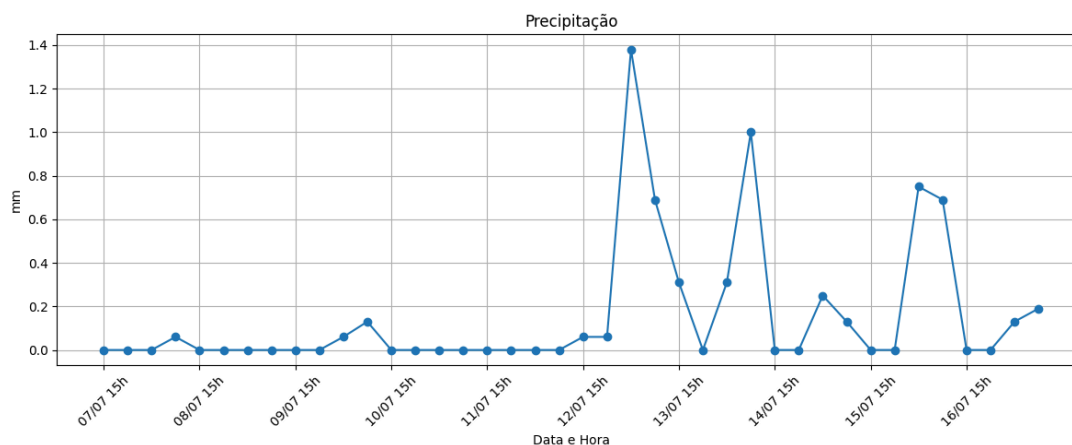
Gráficos com as temperaturas máximas dos próximos 10 dias da região SERRANA.



Gráficos com as temperaturas mínimas dos próximos 10 dias da região SERRANA.



Gráficos com o volume de chuvas dos próximos 10 dias da região SERRANA.



Cidades na região: Bom Jardim, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Nova Friburgo, Santa Maria Madalena, Sapucaia, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Teresópolis, Trajano de Moraes

7. Recomendações Gerais de Adubagem e Calagem

Fonte: Manual de adubagem e calagem da Embrapa, 2013, **Autor:** Luiz Rodrigues Freire

As recomendações de nutrientes constantes das planilhas referentes às culturas foram elaboradas com base nas informações sobre respostas das culturas à adubação e à calagem, resultantes das experiências de especialistas, aplicadas e adaptadas às especificidades da agricultura fluminense. As recomendações oferecem ao usuário sugestões que o ajudarão a tomar decisões quanto à quantidade de insumos a ser utilizada em cada situação.

Neste capítulo, estão apresentados os critérios gerais de obtenção dessas recomendações, além de outras informações de interesse dos usuários. Algumas planilhas exibem os dados sobre a extração de nutrientes da cultura, os quais poderão ser utilizados para adequar a recomendação que consta da planilha, desde que se apliquem os cálculos apropriados.

7.1 Critérios Gerais

As sugestões de adubação foram baseadas na adubação por ciclo de produção. Em alguns casos, os dados divulgados poderão ser aplicados à adubação corretiva, mas cumpre lembrar que essa não foi a meta deste trabalho.

Para determinar a quantidade de fósforo, potássio e cálcio a ser utilizada, foram estabelecidas classes de interpretação das análises químicas do solo, por meio dos critérios apresentados a seguir. Da mesma forma, foram apresentados os critérios que foram adotados para o estabelecimento das recomendações de nitrogênio e de adubação orgânica. A carência de pesquisa básica sobre a utilização de micronutrientes restringiu a apresentação de dados apenas à sua recomendação; assim, somente nos casos em que a experimentação permitia, foram feitas menções a eles.

7.1.1 Fósforo

Para o fósforo, à exceção das culturas de cana-de-açúcar e aspargo, foram estabelecidas cinco classes de interpretação dos teores encontrados nas análises:

- **Muito baixo:** até 5 mg dm⁻³ de P
- **Baixo:** de 6 mg dm⁻³ a 10 mg dm⁻³ de P
- **Médio:** de 11 mg dm⁻³ a 20 mg dm⁻³ de P
- **Alto:** de 21 mg dm⁻³ a 30 mg dm⁻³ de P
- **Muito alto:** maior do que 30 mg dm⁻³ de P

Essas classes, contudo, não são aplicadas genericamente a todas as culturas. A expectativa da ocorrência de diferenças no comportamento das espécies vegetais no tocante à absorção e ao aproveitamento do fósforo presente na solução do solo, aliada ao maior ou menor grau de refinamento das informações disponíveis, levou à adoção de conjuntos de classes para os teores de fósforo e o agrupamento de culturas.

Para a cultura de cana-de-açúcar, que não figura na Tabela 1, foi adotado um critério diferente daquele das demais culturas, já que existe experimentação própria, com método de análise específica, que leva a resultados analíticos diversos dos obtidos com o usado para as outras culturas no Estado do Rio de Janeiro.

O conjunto A está constituído por culturas que têm apresentado resposta reduzida ou mesmo nula à aplicação de adubos fosfatados, quando o solo possui teores, revelados pela análise, superiores a 10 mg dm⁻³ de P. Provavelmente, isso se deve a vários fatores: à maior capacidade dessas culturas em absorver P do solo, à presença de micorrizas, ao maior volume de raízes no solo, à baixa exigência em fósforo, ou, no caso específico do arroz cultivado em várzeas úmidas, às modificações na disponibilidade do fósforo nativo, ao se alterarem as condições do potencial redox da camada do solo em que se concentra seu sistema radicular.

No conjunto B, figuram espécies vegetais para as quais não se dispõe de dados que justifiquem a separação em classes para os valores de 0 a 10 mg dm⁻³ e de 11 mg dm⁻³ a 30 mg dm⁻³ de P, o que motivou a adoção de somente três níveis de interpretação. A cultura de pinhão-mansão, de recente introdução no Rio de Janeiro, foi inserida em novo agrupamento, com base nas expectativas de sua resposta à adubação com fósforo.

No conjunto D, está agrupado o maior número de espécies cultivada no Rio de Janeiro e para as quais já se adotavam as classes de interpretação apresentadas, não tendo sido considerada necessária a introdução de alterações quanto aos níveis de interpretação vigentes. Contudo, para as recomendações de adubação fosfatada, foram feitas modificações, com o objetivo de aperfeiçoá-las. As quantidades sugeridas constam das planilhas correspondentes.

Nos conjuntos E e F, foi feita a separação dos teores de fósforo revelados pela análise em somente duas categorias, as quais foram definidas levando em consideração aspectos já apresentados e, também, o sistema de manejo preconizado para essas espécies. Assim, o valor de 20 mg dm⁻³ de P para o conjunto F expressa o limite para definir uma determinada dose de fósforo, sem, contudo, deixar de usá-lo na adubação mineral, mesmo quando forem elevados os níveis desse

elemento no solo. Já no conjunto E, constituído por espécies florestais de reconhecida rusticidade, adotou-se o valor de 10 mg dm⁻³ de P, para determinar se deveria ser usada a adubação fosfatada em baixa dosagem ou se ela poderia ser dispensada.

Tabela 1. Agrupamento de culturas em conjunto de classes para os teores de fósforo.

Conjunto	Classes de teores de P (mg dm ⁻³)	Cultura
A	Até 5, 6–10, > 10	Arroz, café (produção), feijão-mauá (macáçar), mandioca e inhame
B	Até 10, 11–30, > 30	Abacate (plantio e formação), abacaxi, banana, cebola, coco, eucalipto, frutas cítricas, goiaba, maçã (formação), mamão, manga (plantio e formação), maracujá, nectarina (formação e produção), pera (formação), pêssego (formação e produção) e quiabo
C	Até 10, 11–20, > 20	Pinhão-manso
D	Até 10, 11–20, 21–30, > 30	Abóbora, abobrinha, alface, alho, amendoim, aspargo, batata-doce, batata-inglesa, berinjela, beterraba, brócolos, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha-vagem, feijão-de-vagem, feijão, pepino tutorado e rasteiro, formação e manutenção de capineiras e de forrageiras, jiló, mandioquinha-salsa, mamona, maxixe, melancia, melão, milho, moranga, nabo, pimenta, pimentão, rabanete, repolho, soja, sorgo granífero e tomate
E	Até 10, > 10	Leguminosas, arbóreas e arbustivas, e seringueira
F	Até 20, > 20	Abacate (produção), café (plantio), caqui e figo (formação), maçã (plantio), manga (produção), nectarina (plantio), pera (plantio), pêssego (plantio) e urucu

7.1.2 Potássio

Para o potássio, foram estabelecidas quatro classes de interpretação dos teores encontrados nas análises:

- **Baixo:** até 45 mg dm⁻³ de K
- **Médio:** de 46 mg dm⁻³ a 90 mg dm⁻³ de K
- **Alto:** de 91 mg dm⁻³ a 135 mg dm⁻³ de K
- **Muito alto:** teores superiores a 135 mg dm⁻³ de K

Por razões explicitadas no item anterior, não foi incluída nessas classes a cultura de cana-de-açúcar e, para as explorações com plantas ornamentais, foi adotado um valor limite (de 270 mg dm⁻³ de K), acima do qual não se recomenda a adubação com adubo mineral contendo potássio. Por motivos semelhantes aos já expostos para o fósforo, adotou-se a separação das classes em conjuntos por grupo de culturas, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Agrupamento de culturas em conjunto de classes para os teores de potássio.

Conjunto	Classes de teores de K (mg dm ⁻³)	Cultura
A	Até 45, > 45	Feijão-mauá (macáçar), leguminosas arbóreas e arbustivas, maçã (plantio), mandioca, pera (plantio), seringueira e urucu
B	Até 45, 46–90, >90	Abacaxi (produção), alho, arroz, amendoim, café (plantio e produção), cebola, eucalipto, feijão, inhame, mamão, maracujá (produção), milho, nectarina (plantio), pêssego (plantio), pinhão-manso, quiabo, soja e sorgo granífero
C	Até 45, 46–90, 91–135, >135	Abóbora, abobrinha, alface, aspargo, batata-doce, batata-inglesa, berinjela, beterraba, brócolos, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha-vagem, feijão-de-vagem, formação e manutenção de capineiras e de forrageiras, girassol, jiló, mamona, mandioquinha-salsa, melancia, melão, moranga, maxixe, nabo, pepino tutorado e rasteiro, pimenta, pimentão, tomate, rabanete e repolho

Conjunto	Classes de teores de K (mg dm ⁻³)	Cultura
D	Até 90, 91–135, >135	Abacate, banana, caqui, coco, figo, frutas cítricas, goiaba, maçã (formação), manga (plantio e produção), nectarina (formação e produção), pera (formação) e pêssego (formação e produção)
E	Até 90, 91–135, 136–270, >270	Antúrio, crisântemo, gladiolo e rosa

No conjunto A, estão culturas que têm apresentado reduzidas ou inconsistentes respostas econômicas à aplicação de adubos minerais contendo potássio quando o teor desses, revelado nas análises de terra, é superior a 45 mg dm⁻³ de K. A inclusão de algumas espécies frutíferas nessa categoria deve-se ao fato de se tratar de adubação complementar à orgânica, na fase de plantio; para as fases de formação e produção, contudo, essas espécies são objeto de outra avaliação.

No conjunto B, estão presentes culturas cuja recomendação de potássio está vinculada ao limite de 90 mg dm⁻³ de K, não estando disponíveis informações que permitam recomendação segura de adubos minerais que contenham potássio quando os teores revelados pela análise forem superiores àquele valor.

O conjunto C, além de outras culturas, é constituído por espécies de hortaliças para as quais não se espera resposta economicamente consistente quando as análises do solo revelarem teores superiores a 135 mg dm⁻³ de K. Também se levou em consideração que os sistemas de produção adotados no Estado do Rio de Janeiro, com o uso frequente de adubos orgânicos, levam à existência de potássio disponível em quantidade provavelmente suficiente para altas produções. Para a batatinha foi feita uma exceção, em virtude das elevadas exigências dessa cultura em potássio; nesse caso, há a recomendação de aplicação de adubo mineral potássico mesmo para teores superiores a 135 mg dm⁻³ de K.

No conjunto D, figuram culturas perenes exigentes em potássio, e para as quais foram adotadas classes de fertilidade cujo limite inferior corresponde a 90 mg dm⁻³ de K, visando a diminuir a probabilidade de comprometer a produtividade dessas espécies por inadequado suprimento de potássio.

As classes que constituem o conjunto E diferem das que compõem o conjunto anterior pela adoção do valor 270 mg dm⁻³ de K como limite para o emprego de adubo mineral potássico. As culturas abrangidas nesse conjunto são espécies ornamentais para as quais, regionalmente, ainda não estão disponíveis dados experimentais. Essas culturas recebem elevadas adubações potássicas nos níveis inferiores e, geralmente, são cultivadas com o uso de adubos orgânicos. Além disso, nem sempre a irrigação é feita de forma controlada, o que estimula a lixiviação.

7.1.3 Calagem

A recomendação de calagem considera a exigência das culturas quanto ao cálcio e ao magnésio, ou a tolerância delas ao teor de alumínio trocável. Os critérios utilizados estão descritos a seguir:

- Quando o teor de Al³⁺ for menor que 0,3 cmol_a dm⁻³ de TFSA e a soma dos teores de cálcio e magnésio for superior a 3 cmol_a dm⁻³ de TFSA (culturas mais exigentes em cálcio e/ou magnésio), ou a 2 cmol_a dm⁻³ de TFSA (demais culturas), não será necessária a aplicação de calcário.
- Se o teor de Al³⁺ for igual a ou maior que 0,3 cmol_a dm⁻³ de TFSA, será necessário corrigir o solo.
- Se a soma dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ for inferior a 2 cmol_a dm⁻³ de TFSA, ou no caso de culturas mais exigentes em cálcio e/ou magnésio, e com teor inferior a 3 cmol_a dm⁻³ de TFSA, será necessária a aplicação de calcário para corrigir as deficiências desses nutrientes; as exigências das culturas estão definidas nas planilhas.
- Se o teor de Mg²⁺ for inferior a 0,5 cmol_a dm⁻³ de TFSA, será preciso usar calcário dolomítico ou adubação magnesiana. Para se determinar a quantidade de calcário a ser aplicada ao solo, foi elaborada a Tabela 3. Os critérios empregados estão baseados na economicidade da calagem, e os resultados experimentais obtidos com o uso desses critérios reforçam a sua adoção.

Tabela 3. Critérios para aplicação de calcário.

Resultado da análise (teores em cmol dm^{-3})	Cálculo da necessidade de calagem ¹	
Al^{3+}	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	
< 0,3	> 2,0	Não aplicar calcário, exceto para culturas mais exigentes, se $\text{Ca} + \text{Mg} < 3,0 \text{ cmol dm}^{-3}$
< 0,3	< 3,0	3 - $\text{cmol}_a (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$ (para culturas mais exigentes)
< 0,3	< 2,0	2 - $\text{cmol}_a (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$
$\geq 0,3$	> 2,0	$\text{cmol}_a \text{Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$
$\geq 0,3$	> 3,0	$\text{cmol}_a \text{Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$ (para culturas mais exigentes)
$\geq 0,3$	< 2,0	$\text{cmol}_a \text{Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$ ou 2 - $\text{cmol}_a (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$ (usar o valor mais alto)
$\geq 0,3$	< 3,0	Para culturas mais exigentes: 3 - $\text{cmol}_a (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$ ou $\text{cmol}_a \text{Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$ (usar o valor mais alto)

¹ t calcário ha^{-1} a 20 cm de profundidade.

7.1.4 Nitrogênio

Em razão da dificuldade de avaliar a contribuição da matéria orgânica para a disponibilidade de nitrogênio, e em virtude da variação das condições climáticas, não há, até o momento, critério satisfatório que permita generalizar o uso da análise de amostras de terra, como é feito para outros nutrientes, para se recomendar a adubação nitrogenada. Considerando esses fatores e a importância do nitrogênio no aumento da produtividade das culturas, utilizaram-se, para a recomendação da adubação nitrogenada, os critérios relacionados a seguir:

- Não recomendação do uso de adubação nitrogenada; em seu lugar, fazer a inoculação das sementes para as leguminosas cuja eficácia de fixação biológica está comprovada e podem dispensar a adubação nitrogenada.
- Recomendação de inoculação para o feijoeiro; no entanto, para cultura irrigada, em áreas com possibilidade de alcançar-se alta produtividade, recomenda-se a adubação orgânica ou complementação com N-mineral em cobertura.
- Utilização, para algumas culturas, das informações de pesquisa de campo para o território fluminense.
- Aproveitamento da experiência de técnicos da pesquisa e da assistência técnica, com as diversas culturas.
- Aceitação das modificações propostas pelo técnico local, em razão:
 1. Do histórico da área (cultura anterior, intensidade de cultivo na área).
 2. Dos sintomas visuais de carência ou de grande disponibilidade de nitrogênio em razão do teor de matéria orgânica do solo.
 3. Da recomendação de adubação verde para liberar o agricultor, na pior das hipóteses, de pelo menos parte da adubação nitrogenada mineral, e para usufruir dos grandes benefícios que essa prática proporciona, além de alertar o agricultor para a necessidade de adotar práticas que visem à conservação do solo.
 4. Da adoção do sistema orgânico de manejo sustentado.

7.1.5 Adubação Orgânica

Neste manual, a recomendação de adubação orgânica foi feita para a totalidade das culturas e teve como base de avaliação os seguintes fatores:

- As características das propriedades e do tipo de exploração predominante no estado (pequenas propriedades, mão de obra familiar e exploração diversificada).

- O potencial de resíduos agrícolas e urbanos do estado e o que podem representar esses resíduos orgânicos como fonte de insumos para o aumento e a sustentabilidade da produtividade agrícola.
- Os resultados de pesquisa, que demonstram que a adubação orgânica pode contribuir bastante para melhorar a fertilidade dos solos e, conseqüentemente, para aumentar a produtividade dos solos pobres, para reduzir os custos de produção de muitas culturas e para dar independência parcial ou total ao agricultor com relação ao insumo-fertilizante.
- A necessidade de conscientização de agricultores, extensionistas e pesquisadores sobre o assunto, e de incentivo a obterem o máximo de aproveitamento dos resíduos orgânicos disponíveis localmente.
- As vantagens econômicas e sociais para a região, proporcionadas pelo aproveitamento adequado dos resíduos orgânicos na agricultura.

7.1.6 Outras Informações

As recomendações de nutrientes, constantes das planilhas por cultura, permitem, aos usuários, a definição de aquisição dos fertilizantes que melhor atendam às peculiaridades de cada exploração. Para serem aplicadas as quantidades recomendadas, poderão ser usados adubos simples ou fórmulas NPK, cuja composição será dividida pela avaliação dos parâmetros envolvidos, conforme foi explicitado nos capítulos 5 e 12. É pertinente lembrar que pequenas diferenças que não ultrapassem 5 kg de macronutrientes por hectare não apresentam efeitos relevantes na economicidade das culturas.

As recomendações relacionadas com o uso de micronutrientes estão limitadas às culturas para as quais têm sido observadas respostas às aplicações e que figuram nas planilhas correspondentes. Há, atualmente, impossibilidade do uso da análise química de amostras de terra para se estabelecer, antes do plantio, a necessidade da adubação com micronutrientes, pois não existem, no Estado do Rio de Janeiro, curvas de calibração para esses elementos.

Pode-se considerar, contudo, que, em determinadas condições, existem fortes expectativas de respostas aos micronutrientes. Por exemplo, áreas que tenham sido muito utilizadas, terrenos com reduzido teor de matéria orgânica, ambientes que favoreçam a lixiviação ou a erosão, solos ácidos, calagem excessiva e uso intensivo de fertilizantes concentrados, todas essas condições favorecem a carência de micronutrientes. A avaliação da possível deficiência pode ser feita por meio de análise foliar ou de testes de campo, da seguinte forma: em talhões adequadamente demarcados, fazer as aplicações foliares do micronutriente de cuja deficiência se suspeita, e acompanhar o desenvolvimento da planta, tanto no seu aspecto vegetativo quanto, e em especial, na sua produção.

Cumpra-se lembrar de qualquer forma que, se forem seguidas as recomendações apresentadas nas planilhas, principalmente no que se refere ao uso da adubação orgânica, não serão enfrentados problemas com micronutrientes.

8. Recomendações Inteligência Artificial

Nesta sessão, o sistema inteligente apresenta recomendações estratégicas para otimizar a produtividade agrícola, abordando quatro pilares essenciais: cultura, com a seleção de variedades adaptadas e rotação eficiente; adubagem, indicando fontes e doses ideais de nutrientes; calagem, orientando a correção do solo para equilíbrio do pH; e manejo de nitrogênio, com técnicas para maximizar a eficiência e reduzir perdas. Essas diretrizes buscam aliar sustentabilidade e resultados econômicos, garantindo solo fértil e cultivos mais robustos.

Recomendações Agrícolas

Condições do solo analisadas:

Fósforo: 11.0

Potássio: 60.0

Alumínio: 0.1

Cálcio + Magnésio: 5.0

pH: 6.0

Textura: arenosa

Praga: acaró-rajado

Recomendação de Cultura:

Culturas: Alface, Beterraba, Cenoura, Tomate

Motivo: Adequação de potássio médio com bom pH

Culturas: Café (Coffea arabica)

Motivo: Adaptado a pH moderado (5.0–6.5) e solos bem drenados com textura média

Culturas: Amendoim (Arachis hypogaea)

Motivo: Adequado em solos bem drenados com textura leve a média

Culturas: Pinhão-mansão, abóbora, abobrinha, alface, alho, amendoim, aspargo, batata-doce, batata-inglesa, berinjela, beterraba, brócolos, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha-vagem, feijão-de-vagem, feijão, pepino, jiló, mandioquinha-salsa, mamona, maxixe, melancia, melão, milho, moranga, nabo, pimenta, pimentão, rabanete, repolho, soja, sorgo granífero, tomate

Motivo: Teor de fósforo médio (11-20 mg/dm³)

Culturas: Abóbora, Alface, Amendoim, Batata-doce, Beterraba, Milho, Tomate

Motivo: Adequados níveis de P e K, baixa acidez e bom teor de Ca + Mg

Culturas: Mandioca, Feijão-macáçar

Motivo: Culturas adaptadas a solo arenoso

Recomendação de Calagem:

Não necessária no momento

Não necessária no momento

Dose: 1.0 t/ha

PRNT recomendado: 0%

Época de aplicação: Não especificada

Recomendação de Adubagem Mineral:

Tipo: P205

Dose: 45 kg/ha

Tipo: K20

Dose: 60 kg/ha

Tipo: P205

Dose: 70 kg/ha

Tipo: K20

Dose: 45 kg/ha

Tipo: K20

Dose: 30 kg/ha

Tipo: P205

Dose: 60 kg/ha

Recomendação de Nitrogênio:

Recomendação de Controle de Pragas:

Praga: acaró-rajado

Produto: Clorfenapir CCAB 240 SC (Registro: 28421)

Cultura alvo: Plantas Ornamentais

Motivo: Produto indicado para controle de Acaro-rajado na cultura Plantas Ornamentais.